

Suelos y agroquímica

Influencia del biofertilizante IHPLUS en la producción de posturas de *Coffea arabica* con tecnología de tubetes¹

Yusdel Ferrás-Negrín*, Maykelis Díaz-Solares**, Celia Guerra-Rivero***, Carlos Alberto Bustamante-González**** y Nosleiby Ortiz-Gómez*

Resumen

La implementación de la tecnología de microorganismos eficientes en la actividad agrícola conlleva a múltiples beneficios. El objetivo fue evaluar la influencia de la aplicación del biofertilizante IHPLUS en el desarrollo de posturas de café y el control de enfermedades con tecnología de tubetes. Se desarrolló en un vivero de la Estación Experimental Agro-Forestal de Jibacoa durante los años de vivero 2015-2016 y 2016-2017 con tubetes de 180 cm³. Se evaluaron dos tratamientos: posturas de café asperjadas con IHPLUS al 2 % desde la fase de fosforito y posturas asperjadas con agua. A las plántulas se les evaluó las afectaciones de la podredumbre de la raíz, y cuando las posturas obtuvieron el sexto par de hojas se les determinó la altura, el diámetro del tallo, la masa seca total, el área foliar, el índice de infestación y de distribución de mancha de hierro. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques aleatorizados. Las medias se compararon mediante la prueba T para muestras independientes. La aplicación del IHPLUS redujo las pérdidas de posturas causadas por la podredumbre de la raíz en un 77,08 %. Cuando se asperjó IHPLUS se disminuyó el índice de infestación de la mancha de hierro hasta un 21,43 % y el de distribución hasta el 24 %. Con el uso del IHPLUS se obtuvieron incrementos en un 16,2 %; 20 %; 32,3 % y 22,5 % en la altura, el diámetro del tallo, la masa seca total y el área foliar de las posturas de café respectivamente, con el empleo de la tecnología de tubetes de 180 cm³.

Palabras clave: café, podredumbre de la raíz, mancha de hierro, vivero, microorganismos eficientes, plántulas.

Abstract

The implementation of the technology of efficient microorganisms in the agricultural activity bears to multiple benefits. The objective was to evaluate the influence of the IHPLUS biofertilizer application in the development of coffee postures and the control of diseases with plugs technology. It was developed in a nursery of the Estación Experimental Agro-Forestal of Jibacoa during the nursery years 2015-2016 and 2016-2017 with plugs of 180 cm³. Two treatments were evaluated: postures of coffee sprayed with IHPLUS to 2 % from the phosphorus phase and postures sprayed with water. To the seedlings were evaluated the affectations of the rottenness of the root and when the postures obtained the sixth couple of leaves they were determined the height, the diameter of the shaft, the total dry mass, the foliate area, the infestation and of distribution index of iron stain. The treatments were distributed in a design of randomized blocks. The halves were compared by means of the test T for independent samples. The application of the IHPLUS reduced the losses of postures caused by the rottenness of the root in 77,08 %. When IHPLUS was sprayed diminished the infestation index of the iron stain until 21,43 % and that of distribution index until 24%. With the use of the IHPLUS increments were obtained in 16,2 %; 20 %; 32,3 % and 22,5 % in the height, the diameter of the shaft, the total dry mass and the foliate area respectively of the coffee postures, with the employment of the plugs technology of 180 cm³.

Key words: coffee, rottenness of the root, iron stain, nursery, efficient microorganisms, seedlings.

¹ Recibido: 6/9/2018

Aprobado: 16/5/2019

* Estación Experimental Agro-Forestal de Jibacoa, Villa Clara, Cuba. yusdel@jibacoa.inaf.co.cu

** Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. maykelis.diaz@ihatuey.cu

*** Instituto de Investigaciones Agro-forestales (INAF), Siboney, Playa, La Habana, Cuba. celia@forestales.co.cu

**** Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba, nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

Introducción

La agricultura orgánica constituye una parte cada vez más importante del sector agrícola por sus ventajas ambientales y económicas (Toalombo, 2012). En este sentido el uso de tecnologías con microorganismos eficientes (ME) constituye una alternativa ecológica y económicamente sustentable.

El uso de la tecnología de microorganismos eficientes ha crecido en las dos últimas décadas desde la agricultura hasta el tratamiento de aguas, control de olores, actividades agropecuarias, salud humana y numerosos tratamientos industriales. Fue creada para proveer una variante viable al daño químico producido por la agricultura extensiva, ya que estos microorganismos no representan ningún peligro al medio ambiente ni a los seres humanos (Ramírez, 2006).

Los microorganismos eficientes son un cultivo mixto de microorganismos no patogénicos que se encuentran de manera natural en el medio, que coexisten en un medio líquido natural, y en el momento que se introducen al ambiente los efectos sinérgicos son beneficiosos (Nájjar y Thomas, 2001). Este coctel de microorganismos se encuentra compuesto por bacterias ácido lácticos, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos, hongos de fermentación (Ramírez, 2006).

Luna y Mesa (2016) expusieron que con la implementación de esta tecnología se requiere de menores cantidades de materia orgánica con ahorro en los costos de aplicación de esta al suelo; se hace posible la transformación de los residuos orgánicos en abonos de excelente calidad utilizados en programas de producción limpia; mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos y suprime los patógenos que promueven enfermedades; aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos; asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas e incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante.

La Estación Experimental Indio Hatuey desarrolla la producción de un biofertilizante (IHPLUS) a base de microorganismos eficientes, según los principios propuestos por Higa y Parr (1994).

Los productores de café (*Coffea arabica* L.) conocen sobre el empleo de los microorganismos eficientes a través de otros cultivos; sin embargo, no se cuenta con suficiente información científica que demuestre su efectividad en este cultivo. Por tales motivos esta investigación

se desarrolló con el objetivo de evaluar la influencia de la aplicación del biofertilizante IHPLUS en el desarrollo de posturas de café y el control de enfermedades con tecnología de tubetes.

Materiales y métodos

Los estudios se realizaron en la Estación Experimental Agro-Forestal en Jibacoa a una altura de 340 msnm durante los años de vivero 2015-2016 y 2016-2017.

Tratamientos estudiados:

1. Plantas asperjadas con IHPLUS al 2 % de concentración en la solución final.
2. Plantas asperjadas con agua sola.

Se utilizó un diseño de bloque aleatorizado con cinco réplicas.

Se plantaron plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L. var. Caturra rojo) en la fase de fosforito sobre sustratos envasados en tubetes de 180 cm³. Estos estuvieron soportados en bandejas de una capacidad de 54 unidades. En total se utilizaron 10 bandejas, cinco de ellas por cada tratamiento.

Las aspersiones del IHPLUS se realizaron con un intervalo de 15 días durante todo el tiempo de aviveramiento con una dosis de 150 mL de solución final por bandeja. La primera aplicación del bioproducto se hizo en el momento en que se realizó la primera resiembra. Esta actividad se realizó tres días después de efectuado el trasplante.

El sustrato que se utilizó estuvo compuesto por un 50 % de suelo y un 50 % de abono orgánico con 10,9 kg de superfosfato triple por metro cúbico. Se caracterizó por tener buena fertilidad (pH en KCl 6,4; materia orgánica: 6,3 %; P₂O₅: 121,7 mg 100 • g⁻¹ y K₂O: 42 mg 100 • g⁻¹).

El cobertizo utilizado fue con maya zarán. El de la primera campaña permitió la entrada del 70 % de luz, y el de la segunda el 50 %. Las demás actividades se realizaron según el Instructivo Técnico para el cultivo del café arábico (Díaz y col., 2013).

Se realizaron las siguientes evaluaciones:

1. Podredumbre de la raíz.

Las evaluaciones de la podredumbre de la raíz se realizaron en la fase de fosforito y mariposa. Las mismas se hicieron previas a las aspersiones del IHPLUS a partir de la segunda aplicación. El porcentaje de afectaciones se determinó de la siguiente forma:

$$\% \text{Afectación} = (\text{Plántulas dañadas} / \text{total de plántulas}) \times 100$$

Después de cada evaluación y antes de cada aspersión del IHPLUS se extrajeron todas las plántulas dañadas por cualquier patógeno o daño mecánico y se repusieron por sanas.

2. Mancha de hierro.

Se determinó el índice de infestación (% II) y de distribución (% ID) de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk. & Curt.) cuando las posturas alcanzaron el sexto par de hojas con el uso de las metodologías citadas por Arañó y Bustamante (2010) y Arañó, Prieto y Rodríguez (2017).

$$\% II = \sum (A \times B) / (N \times K) \times 100$$

donde:

A: Grado de la escala (*Tabla 1*).

B: Cantidad de hojas afectadas por la mancha de hierro en cada grado.

N: Número de hojas evaluadas.

K: Último grado de la escala.

$$\% ID = (THA / THO) \times 100$$

donde:

THA: Total de hojas afectadas.

THO: Total de hojas observadas.

Tabla 1. Escala utilizada para el índice de infestación de la mancha de hierro

Grado	Descripción
0	Hojas sanas
1	Hojas con 1-2 puntuaciones carmelitas, del 1-5 % de la superficie foliar manchada
2	De 1-2 puntuaciones de 5-14 mm aproximadamente, 6-10 % de la superficie foliar manchada
3	Hasta 3 manchas de 5-14 mm de diámetro aproximadamente 11-25 % de la superficie foliar manchada
4	Del 26-35 % de la superficie foliar manchada y de un 25-50 % de defoliación en la planta
5	Mayor del 36 % de la superficie foliar manchada y más del 50 % de la planta defoliada

3. Índices morfofisiológicos evaluados a las posturas de café.

Cuando el 90 % de las plantas tuvieron seis pares de hojas, se tomaron 15 al azar por tratamiento y se evaluó:

- Altura en centímetro (cm).
- Diámetro del tallo (cm).
- Masa seca de la raíz (g).
- Masa seca del tallo (g).
- Masa seca de las hojas (g).
- Se determinó la masa seca total por la sumatoria de la masa seca de la raíz, el tallo y las hojas.
- Se determinó el área foliar según la metodología de Soto (1980).

En el análisis estadístico a los datos se le realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza. Se

utilizó la prueba de T para muestras independientes para comparar las medias de los tratamientos. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 1.0 (InfoStat, 2012).

Resultados y discusión

Se observaron síntomas de la podredumbre de la raíz en la temporada de vivero 2015-2016. Las aplicaciones del IHPLUS ejercieron un efecto positivo en la disminución de esta enfermedad (*Tabla 2*). Con su uso se redujeron en un 77,08 % las pérdidas de posturas con respecto a la variante donde no se aplicó el bioproducto. Estos resultados pudieron estar motivados por la influencia que ejercen los microorganismos eficientes en el control de los patógenos presentes en el suelo que la provocan.

Tabla 2. Influencia del IHPLUS en el control de la podredumbre de la raíz en plántulas de cafeto (%)

Media		P	Prueba
Con IHPLUS	Sin IHPLUS		
0,22	0,96	0,0027	Bilateral

Nájara y Thomas (2001) expusieron que los microorganismos eficientes constituyen una medida biológica para suprimir o controlar patógenos a través del incremento de la competencia y antagonismo. Además, producen sustancias secundarias como inositol, ubiquinone, saponinas, polisacáridos de bajo peso molecular, polifenoles y quelatos que inhiben patógenos. También informaron que en condiciones de laboratorio con la aplicación de microorganismos eficientes se redujo de forma considerable el crecimiento de hongos patógenos como *Sclerotium rolfsii* Sacc, *Phythium* sp. y *Rhizoctonia solani* Kühn.

En el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se estudió el efecto de dos biopreparados a base de microorganismos eficientes (ME-50 y ME-UCF) sobre los niveles de afectación por *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia solani* en las raíces de las plantas; se determinó en todos los trata-

mientos evaluados un bajo nivel de afectación (menos de 5 %), mientras que en el testigo estos valores fueron por encima de 20 % con afectaciones en los rendimientos (García, 2016; citado por Luna y Mesa, 2016).

En germinadores de semillas de *Coffea arabica* L. Castro *et al.* (2008) obtuvieron efectos positivos en la disminución de la podredumbre de la raíz causado por *Rhizoctonia solani* Kühn al utilizar *Trichoderma harzianum* (trico-D). Estos autores se refirieron a que *T. harzianum* brinda una alta protección a las semillas de este cultivo (mayor del 90 %) contra *R. solani* Kühn y a un grupo de investigadores que informaron tales efectos en el control de la enfermedad.

En temporada de vivero 2015-2016 se registraron valores numéricamente superiores de índice de infestación y de distribución *Cercospora coffeicola* Berk. & Curt a 2016-2017 (Tabla 3), lo cual pudo estar dado a que en la primera campaña la maya zarán que se utilizó en el cobertizo del vivero permitió una intensidad luminosa del 70 %, mientras que en la segunda la que se usó permitió un 50 %. Galeano (2006) planteó que entre los factores que intervienen en el desarrollo de la enfermedad se encuentra la exposición de las plantas a la insolación.

Tabla 3. Influencia del IHPLUS en el control de la mancha de hierro en posturas de cafeto (%)

Campaña 2015-2016				
Variable	Sin IHPLUS	Con IHPLUS	P	Prueba
Índice de infestación	8,75	6,93	0,0481	Bilateral
Índice de distribución	34,40	28,23	0,0397	
Campaña 2016-2017				
Índice de infestación	5,60	4,40	0,1950	Bilateral
Índice de distribución	25,00	19,00	0,2509	

Con respecto a las afectaciones causadas por la mancha de hierro, se pudo apreciar que en la primera campaña existió un efecto positivo y significativo del producto sobre el control de la enfermedad, tanto para el índice de infestación como para el de distribución. En la segunda campaña los tratamientos no difirieron estadísticamente; pero con la aplicación del IHPLUS se redujo el índice de infestación en un 21,43 %, y el de distribución en un 24 % (Tabla 3). Estos resultados pudieron estar motivados por el efecto que tuvo este bioproducto en el desarrollo de las posturas y que más adelante en la Tabla 4 se puede constatar.

Tener la planta bien nutrida es una de las medidas que se pueden tomar para contrarrestar la enfermedad causada por *Cercospora coffeicola* Berk. & Curt. Según Rengifo, Leguizamón y Riaño (2006), a partir de sus resultados expresaron que la disponibilidad de nutrientes está estrechamente relacionada con la incidencia y la severidad de la mancha de hierro.

Galeano (2006), al citar a varios autores, informó que el uso de biofertilizantes fortalece a la planta, y que las sustancias que se originan a partir de la fermentación son muy ricas en energía libre, y al ser absorbidas directamente por las hojas tonifican las plantas e impiden

el desarrollo de enfermedades y el constante ataque de insectos. El uso de microorganismos eficientes mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos, y suprime los patógenos y plagas que promueven enfermedades (Arias, 2010).

Similar planteamiento tuvo Toalombo (2012) al citar a Silva (2009) cuando informa que la aplicación de microorganismos eficientes genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas por consumir los exudados de las raíces, hojas, flores y fru-

tos, evitando la propagación de organismos patógenos y el desarrollo de enfermedades.

Se pudo constatar en ambas campañas el efecto positivo y significativo que ejerció el IHPLUS en el desarrollo de las posturas de cafeto sobre sustratos envasados en tubetes de 180 cm³. Con la aplicación de este biofertilizante se obtuvieron incrementos medios en ambas temporadas de un 16,2 %; 20 %; 32,3 % y 22,5 % en la altura, el diámetro del tallo, la masa seca total y el área foliar, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Influencia del IHPLUS en los índices morfofisiológicos evaluados a las posturas de cafeto

	Campaña 2015-2016			
IHPLUS	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Peso seco total (g)	Área foliar (cm ²)
Sin	15,17	0,23	1,42	170,47
Con	19,28	0,32	2,07	246,95
P valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Campaña 2016-2017			
Sin	17,15	0,32	1,77	236,58
Con	18,28	0,34	2,15	251,84
P valor	0,0334	0,0132	0,0028	0,2979

Álvarez y Damião (2018), con la aplicación quincenal de IHPLUS en posturas de cafeto a una dosis de 2 mL • m⁻², incrementaron en un 10,9 % los pares de hojas verdaderas, en un 19,4 % la altura de las plantas, en un 22,9 % el área foliar y en un 32,4 % la relación masa seca de la planta/masa seca de la raíz.

Toalombo (2012), al citar a Silva (2009), informó que la aplicación de microorganismos eficientes favorece el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos; promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas; incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar. Conlleva además a mejorar las características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Conclusiones

- Con la aplicación del IHPLUS se redujeron las pérdidas de posturas causadas por la podredumbre de la raíz en un 77,08 %.
- Cuando se asperjó IHPLUS se redujo índice de infestación de la mancha de hierro hasta un 21,43 % y el de distribución hasta el 24 %.

- Con el uso del IHPLUS se obtuvieron incrementos en un 16,2 %; 20 %; 32,3 % y 22,5 % en la altura, el diámetro del tallo, la masa seca total y el área foliar de las posturas de cafeto, respectivamente, con el empleo de la tecnología de tubetes de 180 cm³.

Bibliografía

- Álvarez, J. L.; y J. C.: Damião: Producción de posturas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola. *Revista Centro Agrícola*, 45 (2): 29-33, 2018.
- Arañó, L. y C. A. Bustamante: Comportamiento de *Cercospora coffeicola* (Berk. y Cooke) en plantaciones desocadas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner bajo sistema de fertilización. *Café Cacao*, 9 (1): 3-7, 2010.
- Arañó, L.; Deysi Prieto-G y F. Rodríguez: Situación epidemiológica de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome). *Café Cacao*, 16 (1): 44-49, 2017.
- Arias, A.: Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 02 (02): 42-45, 2010.

- Castro, Ángela M.; Rivillas, C. A.; Serna, C. A. y C. G. Mejía: Germinadores de café, construcción, manejo de *Rhizoctonia solani* y costo. *Cenicafé Avances Técnicos*, N° 368. 12 pp., 2008.
- Díaz, W.; Caro, P.; Bustamante, C.; Sánchez, C.; Maritza Idilia Rodríguez; Vázquez, E.; Grave de Peralta, G.; Ramajo, J.; Ramos, R.; Délira Navarro; Fernández, I.; Martínez, F.; Yojana Rodríguez; Arañó, L.; Yero, A. y N. Moran: *Instructivo Técnico Café Árabe (Coffea arabica Lin.)*. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Ministerio de la Agricultura. Dirección de Café y Cacao del Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña. Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba. 137 pp., 2013.
- Galeano, J. J.: "Evaluación de alternativas de manejo para la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cook) en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en fincas de los departamentos de Granada, Masaya y Carazo" [inédito], tesis de candidatura. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 2006.
- Higa, T. y J. Parr: Microorganismos Benéficos y Eficaces para una agricultura y medio ambiente sustentable. Microbiología de Suelos. Centro Internacional e Investigaciones de Cultivos Naturales Atami, Japón. 1994. Disponible en: <http://www.em.iespana.es/manuales/microbiologia/microbiologia.html> [Consultado: noviembre, 2014].
- InfoStat: Versión 1.0 Universidad. Nacional de Córdoba. Argentina. 2012.
- Luna, M. A., y J. R. Mesa: Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Agroecosistemas*, 4 (2):31-40, 2016. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84/115> [Consultado: agosto, 13 de 2018].
- Nájar, Tracy y Sheira Thomas: "El efecto de los microorganismos eficientes en la supresión del hongo *Moniliophthora rorei* bajo condición de laboratorio y campo con inoculación artificial" [inédito], tesis de candidatura. Universidad EARTH Guácimo, Costa Rica, 2001.
- Ramírez, M. A.: "Tecnología de microorganismos efectivos (ME) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible" [inédito], Monografía. Universidad Industrial de Santander, escuela de ingeniería química especialización ingeniería ambiental, Bucaramanga, Colombia, 2006.
- Rengifo, H. G.; Leguizamón, J. E. y N. M. Riaño: Incidencia y severidad de la mancha de hierro en plántulas de *Coffea arabica* en diferentes condiciones de nutrición. *Cenicafé*, 57 (3): 232-242, 2006.
- Soto, F: Estimación del área foliar en *Coffea arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2 (3): 115-128, 1980.
- Toalombo, Rita Maribel: "Evaluación de microorganismos eficientes autoctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)" [inédito], tesis de candidatura. Universidad técnica de Ambato, Ecuador, 2012.

